

УДК 630* 181 (425)

С.Л. Менщиков
(Ботанический сад УрО РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ЛЕСОВ, ПОВРЕЖДЁННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЫБРОСАМИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

На основании анализа литературных материалов и собственных исследований предлагается методический подход к оценке ущерба лесам от воздействия промышленных выбросов, основанный на анализе изменения параметров состояния лесной экосистемы, характеризующих факторы текущего и накопленного воздействия.

Несмотря на значительные достижения в исследовании негативного воздействия промышленных загрязнений на лесные природные комплексы, на Среднем Урале имеется ряд нерешенных задач, одной из которых является разработка методики оценки ущерба лесному хозяйству, нанесённого деятельностью промышленных предприятий. К настоящему времени сложилось 3 направления по стоимостной оценке отрицательного воздействия загрязнения воздушной среды на лесные насаждения (Балацкий и др., 1984). Основным является метод прямого счета, основанный на сборе и анализе информации по состоянию лесных насаждений и сравнении показателей загрязненного и контрольного районов, а ущерб лесному хозяйству складывается из оценки сырьевых ресурсов и средозащитных функций (Капелькина, 1989). Ущерб можно выразить экономической оценкой основных показателей и функций леса. Общий список полезностей леса насчитывает, по А.С.Шейнгаузу, более 70 основных и свыше 150 элементарных функций лесных ресурсов. Часть из них, которая может быть оценена в настоящее время, группируется в шесть категорий показателей: лесные земли, древесные запасы, средозащитные и санитарно-гигиенические функции леса, подсочка и побочное пользование. Необходимо учитывать затраты на восстановление объекта лесохозяйственного производства по площади или биологической продуктивности утрачиваемых земель. Имеющиеся в «Союзгипролесхозе» проработки свидетельствуют о том, что затраты на создание насаждений не менее чем в

два раза ниже экономической оценки соответствующей площади утрачиваемых лесов (Афанасьев, 1989). При трансформации насаждения в другие типы леса с иной продуктивностью оценивается в качестве ущерба баланс изменений среднего годовичного прироста древесины до возраста рубки. О.Н. Анцукевичем (1986) в основу методики ущерба от загрязнения окружающей среды в лесу положен сравнительно-компенсационный метод, предлагающий сопоставление экономической оценки валовой продуктивности поврежденных и контрольных модальных насаждений с добавлением ряда компенсационных и дополнительных затрат, вызванных их повреждением. Чтобы выявить величину ущерба от загрязнения, нужны сведения о фактическом состоянии поврежденного насаждения: запас древесины на 1 га, коэффициент качества последней (по Е.Я.Судацкову), годовичная продуктивность по другим видам лесных продуктов и уровень их качества, годовичная степень проявления присущих лесу полезных функций. Дончева А.В. (1978) предлагает ввести временные факторы: сумма ущерба равна товарной стоимости уничтоженной древесины, умноженной на k – коэффициент соотношения характерных времен нарушения и восстановления: $k_1 = 300/30 = 10$, $k_2 = 800/30 = 27$ и т.д. Торлопов В.П. (1989) предлагает оценку лесных насаждений привести к одному году из расчета средних показателей за столетний период на основе научно-исследовательских данных и долгосрочных прогнозов, а размер платы за ресурсы лесного участка, отводимого пользователю, составит произведение общей суммы платы за лесные пользования, стоимости мероприятий оздоровления окружающей среды, текущих затрат и коэффициентов эколого-экономического районирования. Для подсчета ущерба лесному хозяйству от промышленных выбросов Б.С. Фимушин, Нагимов З.Я. (1986) предлагают выделять 3 зоны поражения растительности. Для каждой зоны определяется лесопокрытая площадь и производится расчет потерь по видам ущерба.

Учитывая сложность объектов оценки, наиболее трудным в методическом аспекте, является выбор параметров для характеристики степени повреждения лесных насаждений в очаге повреждения. Наиболее правильным является оценка и анализ как можно большего количества показателей характеризующих изменение состояния леса как экосистемы. Однако на практике с учётом больших объёмов работ удаётся оценить ограниченное число показателей. Кроме того, следует учитывать, что далеко не каждое негативное изменение состояния (особенно отдельных параметров и компонентов) лесного насаждения будет адекватно отражать и характеризовать процесс дигрессии лесной экосистемы в зонах хронического загрязнения.

В основу оценки изменения жизненного состояния лесных насаждений в очагах повреждения промвыбросами целесообразно положить общепринятые методики, используемые в настоящее время для мониторинга лесов, применяемые в нашей стране и за рубежом (Методика ..., 1995, Manual ..., 1994). В результате исследований на постоянных пробных площадях в очагах повреждения лесных насаждений, преимущественно сосновых, выбросами крупных промышленных предприятий на Урале, включающих оценку степени изменения геохимического фона и динамику состояния лесных насаждений, нами установлены особенности пространственно-временной структуры повреждений (Махнёв, Меншиков, 1992; Меншиков, Власенко, 1999), опробованы и уточнены диагностические признаки повреждений с учетом региональных особенностей, разработана региональная шкала для оценки морфологических показателей жизненного состояния основных лесообразующих видов – сосны обыкновенной и ели сибирской (Меншиков, Власенко, 2000). Исследованиями установлено, что в зонах действия крупных промузлов на Урале (большинство крупных предприятий функционирует более 40-50 лет), очаги поражения лесов уже сформировались, степень повреждения их хорошо диагностируется по изменению морфологических признаков хвойных пород визуальными методами.

Многообразие антропогенных факторов, сложность их взаимодействия между собой и с компонентами природной среды требуют специальных методов обобщения этих параметров для получения интегральной величины антропогенной нагрузки (Керженцев, 1985). При этом важно, чтобы интегральные показатели, характеризующие на данной территории и состояние природной среды, и уровень антропогенной нагрузки, были сопоставимы, а значит, разработаны на единой основе. В качестве единой основы, по мнению Керженцева, может служить группировка параметров экосистемы по специфике методов измерения и оценки. Любая экосистема характеризуется 3 группами признаков: биологическими, геохимическими и геофизическими. Оценить многообразные параметры в рамках каждой группы не так сложно, а дальнейшее объединение трёх укрупнённых показателей не имеет смысла, поскольку каждая группа включает в себе специфическую информацию и вносит свой вклад в интегральную оценку. Биологические параметры наиболее точно отражают состояние экосистемы и отклонение её состояния от нормы. Но в них не содержатся указания на причину этих отклонений, которая раскрывается через геохимические и геофизические показатели (Керженцев, 1985).

Для установления причинно-следственных связей необходимо определить изменения геохимических параметров экосистемы. В определённой степени доказательными являются закономерности пространственного расположения повреждённой растительности при локальном и региональном уровнях загрязнения.

В целом, обобщая исследования, проведённые ранее, методические разработки других авторов и наши исследования в очагах загрязнения, следует заключить, что в основе оценки ущерба лесам от воздействия промышленных выбросов должны лежать показатели, характеризующие факторы «текущего» и «накопленного» воздействия и прогнозную оценку ответной реакции лесных экосистем (в связи с «упругостью» лесных экосистем ответная реакция на техногенное воздействие наступает позднее).

Среди биологических параметров лесной экосистемы наиболее адекватно отражают процесс дигрессии экосистемы, по нашему мнению, параметры состояния ценопопуляций видов эдификаторов (лесообразователей). Структура древостоя, динамика отпада и ретроспективный анализ текущего радиального прироста, например, позволяют оценить факторы текущего и накопленного воздействия.

Для оценки жизненного состояния древостоя используются интегральные классы, основанные на учёте морфологических биоиндикационных признаков повреждения деревьев. В результате лесопатологических исследований выработана система достаточно корректных и объективных критериев, таких как «категория состояния», «классы повреждения», «баллы жизненного состояния» (Цветков, 1990; Цветков и др., 1995; Алексеев, 1997). Все они сопоставимы и заложены в действующие директивные и нормативные документы (Санитарные правила ..., 1998; Временная методика..., 1986). Обычно выделяют 5 или 6 классов жизненного состояния деревьев, каждому из которых присваивается свой балл. Разница состоит лишь в том, что во втором случае сухой разделяется на свежий и старый. Применительно к нашим задачам на основе всех принимаемых показателей с учётом региональных особенностей целесообразно выделять шесть классов жизненного состояния (повреждения) деревьев (сосна и ель).

1. Фоновые (без признаков ощутимых повреждений). Степень дефолиации 0-20%.

2. Ослабленные. Степень дефолиации 21-40%. Продолжительность жизни хвои у сосны и ели сокращается на 20 - 30%.

3. Сильно ослабленные. Степень дефолиации 41- 60%. Продолжительность жизни хвои у сосны и ели сокращается на 31- 50%.

4. Усыхающие. Степень дефолиации 61- 99%. Продолжительность жизни хвои у сосны и ели сокращается на 50 - 75% .

5. Свежий сухостой (погибшие в текущем году).

6. Старый сухостой (погибшие давно).

Индекс повреждения древостоя на участке (выделе) рассчитывается как средневзвешенное из категорий (классов, баллов) состояния 100-120 деревьев главной породы, учтённых на пробной площади или при ленточном перечёте по ходовой линии (на маршруте). При расчёте используется формула

$$I_n = \frac{n_1 K_1 + n_2 K_2 + \dots + n_6 K_6}{N}$$

где $n_1 - n_6$ – количество деревьев I, I - VI категории (классов повреждения);

$K_1 - K_6$ – баллы жизненного состояния категорий деревьев, соответствующие номеру категории (класса повреждений);

N – общее количество учтённых деревьев на пробной площади.

В смешанных по составу древостоях индекс повреждения определяется отдельно по каждой породе. Затем рассчитывается общий индекс, средневзвешенный по представительности каждой из них.

В связи с характером загрязнения воздушного бассейна в Свердловской области и некоторыми другими региональными особенностями необходимо скорректировать границы интервалов индексов повреждения всех категорий деревьев относительно общепринятой шкалы (табл. 1).

Таблица 1

Региональная шкала оценки жизненного состояния сосны и ели в очагах загрязнения промышленными выбросами

Категория состояния древостоя	Значение показателей по категориям состояния	
	По скорректированной шкале «Санитарные правила...»	По скорректированной шкале Восточно-европейского центра ЕЭК
Условно не поврежденные, фоновые	1,0-1,7 (2,0)	до 1,0
Слабо поврежденные	1,8(2,1)-2,7	1,1-1,7
Среднеповрежденные	2,8-3,5	1,8-2,5
Сильно поврежденные (гибнущие)	3,6-4,5	2,6-3,5
Погибшие	>4,5	>3,5

Каждая из категорий состояния древостоя характеризуется определённым набором конкретных лесоводственных и лесопатологических показателей. В частности, снижение текущего прироста в изученных очагах повреждения (независимо от состава выбросов) надёжно улавливается, начиная с категории среднеповрежденные. Здесь же начинается повышенный отпад. Приведенные придержки категорий состояния древостоев могут быть использованы при оконтуривании участков, таксационных выделов и целых зон с разной степенью повреждения лесных насаждений в очагах загрязнения для определения ущерба.

Ущерб от воздействия загрязнений на лесные насаждения складывается из потери прироста древесины, увеличения массы отпада, снижения соответственно всех прижизненных полезностей леса, включая биосферные функции. Его оценка может быть проведена по формуле (Балацкий и др., 1984):

$$Y_{\text{д}} = (DП_{\text{д}} + DO_{\text{д}} + DOC_{\text{о}} + Ц_{\text{в}} S_{\text{в}}) K_y,$$

где $DП_{\text{д}}$ – снижение годового прироста древесины на 1 га, м^3 ;

$DO_{\text{д}}$ – увеличение массы отпада древесины на 1 га, м^3 ;

$Ц_{\text{д}}$ – таксовая стоимость древесины;

$C_{\text{о}}$ – стоимость единицы работ по уборке сухостоя, руб;

$Ц_{\text{в}}$ – стоимость 1 га лесных культур, руб.;

$S_{\text{в}}$ – площадь вновь создаваемых лесных культур, м^2 ;

K_y – коэффициент комплекса потерь полезных функций леса по отношению к ущербу от потери древесины. Он составляет $\approx 5,39$. Комплексный коэффициент потерь полезных функций лесов может быть определен в настоящее время лишь ориентировочно, а потери древесины из-за возрастания отпада деревьев и снижения текущего прироста древостоя устанавливаются с необходимой точностью.

Исследования на постоянных пробных площадях показали, что падение прироста древесины зависит от класса роста и развития (можно группировать по ступеням толщины) и жизненного состояния деревьев. Так, например, в зонах среднего повреждения высоковозрастных сосновых насаждений двух крупных промузлов (Красноуральский и Рефтинский) снижение прироста от 30 до 50% по сравнению с контролем характерно для деревьев IV класса Крафта, в то время как в I-II классах Крафта – от 11 до 25%. В III классе Крафта прирост снижается в среднем на 30%. Анализ динамики прироста по классам жизненного состояния деревьев показал, что более выражено снижение прироста у деревьев II-III классов повреждения, находящихся в верхнем пологе, у деревьев IV класса Крафта в большей степени снижается прирост при III-IV классе повреждения. Если выразить снижение прироста древесины индексом, представляющим

собой отношение прироста деревьев, растущих в условиях загрязнения, и прироста контрольных участков:

$$Y_z = Z_{v3}/Z_{vk} \text{ или } Z_3/Z_k,$$

где Y_z – индекс падения прироста;

Z_3 – прирост повреждённого древостоя, м³;

Z_k – прирост контрольного древостоя, м³,

то полученные индексы для соответствующих классов жизненного состояния и класса Крафта деревьев можно представить в виде табл. 2.

В целом падение прироста в древостое колеблется в пределах 50-80%.

Потерю запаса древостоя от снижения прироста древесины отдельными его деревьями можно определить, используя предложенные индексы. Для чего необходимо проведение перечета в повреждённых древостоях сочетать с определением классов их жизненного состояния и классов Крафта с последующим определением запаса в каждом классе. Полученные запасы составляют указанную в таблице долю от потенциального запаса каждого класса.

Таблица 2

Потери прироста по запасу под воздействием атмосферных загрязнений в высоковозрастных среднеповреждённых сосновых древостоях

Классы Крафта	Индексы падения прироста по классам жизненного состояния			
	I	II	III	IV
I	0,86	0,77	0,75	0,89
II	0,78	0,75	0,71	0,80
III	0,67	0,75	0,67	0,67
IV	0,67	0,67	0,50	0,50

В целом по древостою для укрупненной его оценки можно использовать среднюю величину индекса падения прироста. $Y_z=0,72$, однако более точно определять потерю прироста по классам жизненного состояния древостоев (табл. 3).

Таблица 3

Потери прироста древесины в спелых сосновых среднеповреждённых древостоях под воздействием загрязнения

Индексы падения объемного прироста по классам жизненного состояния	
I-II	III-IV
0,85-0,71	0,70-0,60

В зоне сильного повреждения наблюдается, как правило, полная или очень сильная потеря лесосырьевых ресурсов лесных насаждений и их

оценка проводится аналогично. Оценку ущерба лесным насаждениям в очагах поражения промышленными выбросами (в части потерь лесосырьевых ресурсов), как показали наши исследования в высоковозрастных сосняках на Среднем Урале, рекомендуется проводить, когда средний индекс жизненного состояния древостоев более 2,7.

Данный подход предусматривает несколько этапов выполнения работ по оценке ущерба, нанесенного лесам аэротехногенным загрязнением.

1. Оценка состояния лесов в зонах аэротехногенного загрязнения - с помощью биоиндикационных методов определяются участки леса, подлежащие учету с целью определения ущерба (по степени повреждения древостоя лесообразующих пород).

2. Установление причинно-следственных связей повреждений.

3. Количественное определение потерь лесосырьевых ресурсов на данных участках леса и других функций леса (по формуле Балацкого).

4. Стоимостная оценка ущерба, нанесенного лесному хозяйству в зонах действия промышленных предприятий.

Для особо охраняемых территорий (заповедников, национальных парков и др.) приоритет имеет сохранение биоразнообразия экосистем и отдельных видов растений и животных, а также ряд других функций, поэтому методические подходы к оценке ущерба должны быть иными.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев А.С., Мониторинг лесных экосистем: Учеб. пособие. Л.: ЛТА. 1997. 116 с.

Анцукевич О.Н. Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды в лесу// Лесн. хоз-во. 1986. № 4. С. 21-24.

Афанасьев В.А. Методические основы эколого-экономической оценки воздействия водохранилищ на лесные ресурсы// Экология лесов севера: Тез. Всесоюз. совещ. Сыктывкар, 1989. Т. 1. С. 18-20.

Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика качества окружающей природной среды. Л.: Гидрометиздат, 1984. 190 с.

Временная методика по учёту сосновых насаждений, подверженных влиянию промышленных выбросов (для опытно-производственной проверки). М.: ВНИИЛМ Гослесхоза СССР, 1986. 34 с.

Дончева А.В. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. М.: Лесн. пром-сть. 1978. 234 с.

Капелькина Л.П. Эколого-экономическая оценка воздействия аэротехногенных выбросов на лесные насаждения// «Экология лесов севера» Тез. Всесоюз. совещ. Сыктывкар, 1989. Т. 1. С. 63-70.

Махнев А.К., Меншиков С.Л. Трансформация растительности на Среднем Урале в результате загрязнения воздуха выбросами металлургических заводов // Экологическая обстановка и ее влияние на здоровье населения Среднего Урала: Тез. докл. регион. науч.- практ. конф. Екатеринбург, 1992. С. 1-2.

Меншиков С.Л., Власенко В.Э. Оценка степени повреждения лесных насаждений в условиях локального и регионального загрязнения воздушного бассейна на Среднем Урале // Экологические проблемы промышленных регионов: Тез. докл. науч.- тех. конф. Г.К. по ООС Свердловской области. Екатеринбург: Изд. Дом «Урал-Принт». 1999. С. 94-95.

Меншиков С.Л., Власенко В.А. Региональная шкала индексов повреждения сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения (для Свердловской области) // Лесоводство севера на рубеже столетий: Материалы междунар. конф. СПб, 2000. С. 236-237.

Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН). М., 1995. 42 с.

Санитарные правила в лесах России. М., 1998. 16 с.

Смит У. Х., Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1985. 430 с.

Торлопов В.П. К методике эколого-экономической оценки антропогенного воздействия на лесные биоценозы // Экология лесов севера: Тез. Всесоюз. Совец. Сыктывкар, 1989. Т. 2. С. 76-77.

Фимушин Б.С., Нагимов З.Я. Оценка ущерба лесному хозяйству от промышленных выбросов // Инф. листок. № 397-86. Свердловск. ЦНТИ, 1986. 4 с.

Цветков В. Ф. Методические рекомендации по оценке существующего и прогнозируемого состояния лесных насаждений в зоне влияния промышленных предприятий Мурманской области. Архангельск, 1990. 18 с.

Цветков В. Ф., и др. Мониторинг состояния лесов европейского Севера: Метод. рекомендации. Архангельск, 1995. 35 с.

Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg/Prague: Programme Co-ordinating Centers/UN-ECE 1994. 177 pp.