

А.П. Гусев

## Устойчивость лесных ландшафтов к химическому загрязнению атмосферы

Изучение устойчивости природных систем является важной задачей экологических и природоохранных наук. Оценка устойчивости ландшафтов к техногенному воздействию необходима:

1) для экологического нормирования техногенной нагрузки (установление предельно допустимого уровня (ПДУ) нагрузки) на природную среду как в случае нормального функционирования геотехнических систем, так и в случае их аварий;

2) для прогнозирования реакции природной среды на воздействие, для прогнозирования негативных последствий;

3) для оценки экологического риска и экологической безопасности территории.

В настоящее время оценка устойчивости природной среды на уровне экосистем и ландшафтов практически не производится. Тогда как устойчивость экосистем и ландшафтов определяет способность природных ландшафтов к самоочищению и самовосстановлению; миграцию загрязнителей в подсистемах «атмосфера-почвы», «атмосфера-поверхностные воды», «почвы-грунтовые воды», «растительность-почвы» и т.д.; условия накопления и преобразования техногенных загрязнителей; латеральную миграцию загрязнителей; вероятность развития опасных геологических процессов (оползней, водной и ветровой эрозии и т.д.).

Размещение промышленных комплексов без какого-либо учета устойчивости экосистем и ландшафтов на сопредельных территориях может привести к тяжелым экологическим последствиям. Экологический риск (экологическая опасность) обратно пропорциональна устойчивости природных систем к техногенному воздействию.

К общим критериям устойчивости ландшафтов, имеющих силу в большинстве случаев, относятся высокая интенсивность функционирования и сбалансированность функций ландшафта, включая биологическую продуктивность и возобновимость растительного покрова. В свою очередь эти качества определяются оптимальным соотношением тепла и влаги (на региональном уровне) или влажности и трофности почв (на локальном уровне). При оптимальном сочетании этих условий биота ландшафта характеризуется максимальной продуктивностью и биомассой. Исходя из этой закономерности по показателям биомассы (фитомассы) и продуктивности можно оценивать потенциальную устойчивость ландшафтов и более мелких территориальных единиц. Эти общие критерии устойчивости должны конкретизироваться по отношению к типу и форме воздействия [1, 2, 3]

Устойчивость ландшафта к техногенному химическому воздействию во многом определяется свойствами его биотического компонента. В лесных ландшафтах системообразующим центром является древесная растительность, в результате ее устойчивость определяет устойчивость ландшафта в целом [1].

Основными показателями устойчивости растительного компонента лесного ландшафта могут служить характеристики продуктивности и емкости био-

логического круговорота; важным фактором является также видовой состав древесной растительности, так как разные виды обладают различной чувствительностью к загрязнению.

Для оценки устойчивости лесного ландшафта к загрязнению атмосферы, с нашей точки зрения, наиболее эффективно применение следующих показателей: бонитет, средний прирост, фитомасса и видовой состав. В общем случае наиболее устойчивыми к воздействию будут ландшафты, характеризующиеся высоким бонитетом и приростом древесного яруса, значительной фитомассой (высокой емкостью биологического круговорота), растительность которых представлена видами, нечувствительными (слабо чувствительными) к загрязнению.

Согласно разработанной нами методики [2], значения каждого показателя разбиваются на ряд классов, которым присваивается соответствующий балл (от 1 до 5). Устойчивость определяется как произведение балльных оценок по каждому показателю, нормированное к максимально возможному значению (Rch). Данный параметр можно выражать также в процентах: от 0 (минимальная устойчивость) до 100% (максимальная устойчивость). Рассмотрим результаты применения данной методики на примере оценки устойчивости лесных ландшафтов Белорусского Полесья к загрязнению атмосферы. Основным оцениваемым объектом являлся тип леса (лесного биогеоценоза). Для оценки использовались данные по лесам, имеющим возраст 40-150 лет. Устойчивость ландшафта определяется соотношением площадей устойчивых и неустойчивых типов леса.

По особенностям видового состава леса Полесья делятся на следующие группы: сосновые (весьма чувствительные к загрязнению атмосферы); смешанные (чувствительные к загрязнению); мелколиственные (слабо чувствительные); широколиственные (весьма слабо чувствительные). Эта оценка чувствительности лесов базируется на имеющихся данных о чувствительности к загрязнению воздуха основных лесообразующих пород, которые образуют следующий ряд (по мере уменьшения чувствительности к загрязнению воздуха): сосна > береза повислая, осина, ольха черная > дуб черешчатый [4].

Исходя из формационной структуры лесов Полесья, характеризующейся преобладанием сосновых лесов (60% от общей площади), можно говорить о невысокой устойчивости полесских ландшафтов к химическому воздействию.

Очевидно, что минимальная устойчивость характерна для экосистем, находящихся в экстремальных условиях влажности и трофности почв. В условиях Полесья к таким относятся олиготрофные сосновые леса, формирующиеся на бедных песчаных почвах, в условиях недостаточного (сосняки лишайниковые и вересковые) и избыточного (сосняки сфагновые и долгомошные) увлажнения. В ксерофитно-олиготрофных экосистемах бонитет составляет 2,6-4,3; прирост – 0,88-3,5 куб. м./га в год; общая фитомасса – 46,7-145,5 т/га. В гигрофитно-олиготрофных экосистемах бонитет находится в пределах 2,6-5; прирост – 1,0-4,57 куб. м./га в год; общая фитомасса – 40,8-181,3 т/га. Древесный ярус формируется сосной, высоко чувствительной к загрязнению воздуха. Для территорий, покрытых лесами этих типов, риск деградации природных экосистем максимален. Учитывая особенности положения ксерофитно-олиготрофных экосистем в ландшафте и их почвоукрепляющее значение, можно прогнозировать резкую активизацию процессов ветровой эрозии как результат химического повреждения растительного покрова. Самовосстановление поврежденных экосистем этого типа практически невозможно.

В случае химической деградации древесных ярусов гигрофитно-олиготрофных экосистем возможна активизация процесса заболачивания и

смена лесо-болотной растительности на болотную. Значительная чувствительность экосистем этого типа к загрязнению обусловлена также особенностями их почвенного покрова (слабопроточные торфянистые в сосняках долгомошных и торфяно-болотные с застойными водами в сосняках сфагновых), которые способствуют активному накоплению поллютантов.

Все олиготрофные сосновые леса крайне неустойчивы в условиях кислого типа воздействия, так как характеризуются низкими значениями рН почв, вследствие чего, даже небольшое поступление кислых осадков может вызвать тяжелые последствия для всей биоты этих экосистем.

К группе слабо устойчивых к химическому загрязнению атмосферы относятся все остальные типы сосновых лесов, а также черноольшанник осоковый. Черничный, брусничный, мшистый и орляковый типы сосновых лесов, несмотря на высокий бонитет, средний прирост, относительно высокую емкость биологического круговорота, характеризуются повышенной чувствительностью к загрязнению воздуха из-за преобладания в древостое хвойных пород. Среди этой группы наиболее устойчивы к загрязнению сосняки орляковые и черничные, имеющие высокую продуктивность. Так, средний годовой прирост в этих типах леса существенно выше, чем в дубравах, а общая фитомасса сопоставима с общей фитомассой дубрав. Развитие ветровой эрозии в случае химической деградации возможно в сосняках мшистых. В целом в условиях загрязнения атмосферы мезофитно-мезотрофные сосновые леса Полесья сменяются мелколиственными березово-осиновыми лесами или злаково-разнотравными лугами с кустарниками, что предотвращает негативные экологические последствия.

Слабая устойчивость к загрязнению ольса осокового обусловлена особенностями его местоположения в рельефе, которое определяет водный режим, характеризующийся застойностью и слабой дренированностью. Этот тип экосистем, характеризующийся торфянисто- и торфяно-глеевыми почвами, представляет собой своего рода «ловушку», которая захватывает и накапливает вещества, как выпадающие из атмосферы, так и поступающие с поверхностным и грунтовым стоком.

Сравнительно устойчивы к загрязнению воздуха мезотрофно-мезофитные дубовые леса. Для них характерна высокая емкость биологического круговорота: общая фитомасса в дубравах орляковых составляет 178,8-385,7 т./га, в дубравах черничных – 208,7-631,0 т./га, в дубравах кисличных – 195,0-555,6 т./га. Слабое место этих экосистем – относительно невысокая способность к самовосстановлению (средний прирост составляет всего лишь 1,9-3,6 куб. м/га в год) после значительных повреждений древостоя. Вероятно, что это связано со специфичным для Полесья неустойчивым увлажнением песчаных почв, которое лимитирует распространение дубовых лесов. В условиях катастрофического воздействия на месте мезотрофно-мезофитных дубовых лесов образуются мелколиственные березово-осиновые леса или злаково-разнотравные луга с кустарниками.

Наиболее устойчивыми к загрязнению атмосферы являются снытевые и крапивные типы леса. Древостой их характеризуется максимальным бонитетом (1а) и высоким среднегодовым приростом (до 6 и более куб. м/га). Общая фитомасса в дубраве снытевой составляет 196,6-659,2, в дубраве крапивной – 233,9-444,2 т./га. В среднем фитомасса этих дубрав в 8 раз выше, чем в сосняках лишайниковых, в 2,5 раза, чем в сосняках вересковых, в 1,9 раза, чем в сосняках мшистых, в 1,4 раза, чем в сосняках орляковых и черничных, в 1,2 раза, чем в дубравах кисличных и черничных, в 1,5-2,5 раза, чем в черноольховых лесах. Таким образом, среди всех лесных экосистем Полесья дуб-

равы снытево-крапивные имеют наибольшую емкость биологического круговорота (таблица).

Способность их к самовосстановлению сравнительно высока: даже в случае полного уничтожения исходного древостоя наблюдается быстрый рост густых березово-осиново-ольховых зарослей, которые затем в ходе сукцессии сравнительно быстро сменяются дубравами. Быстрое зарастание производным лесом исключает развитие негативных геологических процессов, таких как водная эрозия, прогрессирующее заболачивание и т.д.

Перегноино-глеевые и перегноино-карбонатные, хорошо проточные почвы дубрав крапивных повышают устойчивость этого типа экосистем к кислым выбросам: среди всех типов почв Полесья они обладают наилучшей нейтрализующей способностью.

Таблица

**Оценка возможных негативных последствий в основных типах лесных экосистем Полесья при загрязнении атмосферы**

Тип экосистемы (биогеоценоза)	Rch, %	Опасность деградации биоты	Опасность накопления поллютантов в почвах	Опасность активизации эрозионных процессов	Опасность прогрессирующего заболачивания
Сосняк лишайниковый	0.2	++++	+	++++	+
Сосняк вересковый	4.3	++++	+	++++	+
Сосняк брусничный	5.8	+++	++	+++	++
Сосняк мшистый	7.6	+++	++	+++	++
Сосняк черничный	10.2	+++	++	++	++
Сосняк орляковый	12.8	+++	++	++	+
Сосняк долгомошный	4.3	++++	++++	+	++++
Сосняк сфагновый	0.1	++++	++++	+	++++
Дубрава черничная	24.0	++	++	++	++
Дубрава орляковая	19.2	++	++	++	+
Дубрава кисличная	32.0	++	++	+	+
Дубрава снытевая	60.0	+	+++	+	++
Дубрава крапивная	64.0	+	+++	+	++
Черноольшаник крапивный	48.0	+	+++	+	++
Черноольшаник осоковый	23.0	++	++++	+	+++

**Примечание.** + – практически отсутствует; ++ – низкая; +++ – средняя; +++++ – высокая.

Почвы всех сосновых лесов Полесья характеризуются кислой реакцией. В сосняках лишайниковых рН (КСi) горизонта А1 составляет 4,0-4,5; в сосняках вересковых – 3,0-4,5; в сосняках брусничных – 3,2-4,4; в сосняках мшистых – 3,3-4,7; в сосняках черничных – 2,7-3,9; в сосняках долгомошных – 2,8-3,3, в сосняках орляковых и дубравах чернично-орляковых – 3,9-4,3. В результате эти экосистемы имеют низкую устойчивость к кислым выбросам.

В широколиственных лесах реакция почв изменяется от слабокислой до слабощелочной. В дубравах крапивных рН горизонта А1 составляет 5,3-6,0; горизонта В – 5,9-7,8. В черноольшаниках крапивных соответственно 5,3-6,9 и 5,2-6,6. В снытевых типах леса рН горизонта А1 изменяется в пределах 3,9-6,4; горизонта В – 5,3-7,6. Для лесоболотных экосистем черноольшаников осоковых и таволговых характерны значения рН от 4,1 до 6,6.

Таким образом, наибольшей устойчивостью к загрязнению атмосферы среди основных типов лесных экосистем Полесья обладают дубравы снытевые и крапивные, занимающие всего лишь менее 1% лесной территории; большинство же типов лесных экосистем Полесья – сосновые и широколиственно-сосновые леса (свыше 60% лесной территории) характеризуются низкой устойчивостью к загрязнению, что увеличивает экологический риск при химическом воздействии на полесские ландшафты в целом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.П. Ландшафтно-экологическая индикация техногенных нарушений лесных геосистем. Гомель, 2000. – 55 с.
2. Гусев А.П. Оценка экологической устойчивости лесных геосистем (принципы, методика, опыт применения) // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы 1-й научно-практической конференции. Гомель, 1999. С. 28-31.
3. Устойчивость геосистем. М., 1983. – 88 с.
4. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М., 1988. – 350 с.

### S U M M A R Y

*The work presents analysis of resistance forest landscapes as factor ecological hazard. The principles of assessment and criteria for the forecast of resistance are suggested. The methods of assessment resistance are proposed. The author examines factors regulating the resistance of natural landscapes to technogenic chemical impact. Potential resistance of forest types were determined.*

*Поступила в редакцию 21.01.2003*