

УДК 581.4:630.425

О. В. Бахур, ассистент;
Е. Г. Петров, профессор

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

This article is about ecological bases of standards for anthropology effects on the forest ecosystems. The literature resources on this question are considered in this article.

Подходы при определении допустимых воздействий, а следовательно, допустимых нагрузок на экосистему отличаются от санитарно-гигиенического подхода, принятого для защиты людей. Задачей экологического нормирования, являющегося этапом стратегии регулирования качества окружающей природной среды, представляется защита экологических систем, биологических сообществ в целом [1].

Особенность определения допустимых нагрузок на экосистему заключается в том, что может оказаться, что "критическим звеном" всей экосистемы окажется какой-либо определенный вид, чувствительный к данному воздействию, и допустимая нагрузка на экосистему в целом будет определяться нагрузкой именно на этот вид.

Как известно, разработана система санитарно-гигиенических норм предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в природных средах.

Совсем недавно приступили к нормированию воздействия загрязняющих веществ на лесные экосистемы. Подход к выработке норм допустимых воздействий на экосистемы, к определению предельно допустимых нагрузок на природные объекты должен отличаться от санитарно-гигиенического подхода, который не допускает никакого вредного воздействия и никакого ущерба даже по отношению к отдельному организму.

Острые реакции на высокие концентрации и последствия, связанные с хроническим воздействием небольших концентраций, используются при организации биологического мониторинга загрязнений и других воздействий.

Особое внимание при экологическом нормировании должно быть уделено устойчивым загрязнителям, учету возможного перехода загрязнителей из одной среды в другую, множественным путям воздействия таких загрязнителей на популяции и экосистемы.

Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на природную среду должно обеспечить сохранение ее качества, что позволит гарантировать функционирование всех экосистем. Это возможно, если экологические нормативы обеспечат:

- 1) сохранение видового разнообразия биоты (охрана генофонда), состава и функций живых форм в экосистемах и биосфере;
- 2) сохранение продуктивности лесных экосистем;
- 3) сохранение оптимального режима экологических условий (режим температуры, влажности, радиации, содержания CO_2 в атмосфере);
- 4) сохранение химического режима экологических воздействий.

Выполнение этих условий возможно и при сохранении антропогенного воздействия на качество и чистоту экологических ниш. Это обстоятельство подчеркивает особую, первостепенную важность научной разработки экологических нормативов допустимых загрязнений природной среды.

В связи с этим необходимо решить главный экологический вопрос – чем определяется допустимый уровень воздействия промышленных поллютантов на природные экосистемы и как его рассчитать? По некоторым данным, считается, что биосфера и окружающая среда сохраняют стационарность до тех пор, пока антропогенное потребление биологической продукции не превышает 1% от доли потребления всеми крупными животными в невозмущающих условиях. По другим исследованиям, недопустимо антропогенное снижение годичной продукции растительности более, чем на 10%.

В нормировании выбросов промышленных предприятий и автотранспорта прослеживается три этапа, на первом разрабатывались санитарно-гигиенические ПДК вредных газов для человека. В СНГ они определены и обоснованы почти для 200 ингредиентов в воздухе и начата разработка ПДК смесей газов.

Доказано, что чувствительность растений к большинству вредных газов выше, чем у животных и человека, поэтому с 1968 года для растений была начата разработка методов определения ПДК вредных газов и методических признаков их определения. Учитывая необходимость сравнения растительных ПДК с гигиеническими, а также обоснования биосферных ПДК, в основу их определения были положены принципы, разработанные гигиенистами. Это позволило определить физиологические (по подавлению фотосинтеза) растительные ПДК по

11 ингредиентам и подтвердить повышенную чувствительность автотроф к ним (исключение CO и H₂S).

Так как минимальные разовые ПДК для растений оказались по большинству ингредиентов в 4–25 раз ниже, чем для человека, то это вызвало у многих экологических и гигиенических органов скептическое отношение к ним. Вместе с тем экологические, как и гигиенические, ПДК можно использовать для роста ПДВ промышленных предприятий, что подчеркивает важность разработки растительных ПДК.

Начиная с 1988 года наметился третий подход в нормировании воздействий загрязнения на природные экосистемы. Предложено определять критические уровни загрязнения воздуха и критические нагрузки на экосистемы. Разработаны некоторые методологические принципы и критерии их определения и картирования. На первом этапе разработки критических уровней нагрузки исследователи определяли их по реакции почв различными методами.

Если первый этап (подход) в нормировании был полностью антропоцентристским и поэтому мало экологичным, то второй исправил недостатки первого на основе той же научной методологии. Поэтому сходные критерии допустимого загрязнения воздуха стали экологическими нормативами. Недостатком обоих подходов в нормировании является кратковременность действия поллютантов и пороговый принцип определения реакции организмов. С другой стороны, эти подходы не позволяют определить реакцию сообщества экосистемы, которая будет иной в связи с существенными различиями функционирования и устойчивости этих уровней организации живой материи.

Последний, третий, подход является подлинным экологическим в нормировании допустимых нагрузок на экосистемы, но выбор компонента экосистемы (почва) не является научно обоснованным и оправданным. Необходимо было вначале проверить чувствительность основных компонентов экосистем к атмосферным загрязнителям. Практический опыт позволяет утверждать, что среди них (продуценты, консументы, редуценты) к воздействию большинства поллютантов более чувствительны продуценты. Высокая чувствительность последних вызвана и объясняется тем, что они являются фотоавтотрофами по типу метаболизма. С другой стороны, они находятся в начале трофической цепи, и, следовательно, от их продуктивности зависит благополучие других компонентов, а также поток материи и энергии в биохимических циклах биосферы и ее гомеостаз.

Не исключено также, что по некоторым немногим поллютантам необходимо нормирование нагрузок по консументам CO и H₂S и редуцентам.

Наземные экосистемы, как и все живые организмы, в процессе эволюции адаптировались к определенному фоновому содержанию в среде многих элементов и соединений (биогеохимическое естественное загрязнение), которые в большинстве своем входят и в состав современного антропогенного загрязнения. Поэтому можно предположить, что эти элементы смогут выносить без особого ущерба некоторое увеличение содержания в среде этих же ингредиентов, так как все живые системы имеют некоторый запас прочности, или экологический резерв хемотолерантности.

Экологический резерв устойчивости клетки, организма определяется мобильностью физиолого-биохимических процессов, нечеткой фиксированностью и неопределенностью ответных реакций их на внешние воздействия, различной выраженностью репарационных процессов, генетической гетерогенностью видов. Экологический резерв популяций и экосистем определяется как хемотолерантностью организмов, которые составляют их, так и специфическими механизмами регуляции жизни и устойчивостью этих уровней организации материи, которые включают проявление изменчивости и резервов экотенциалов популяций и экосистем, устойчивость механизмов саморегуляции структуры сообществ, генетическое разнообразие, интенсивность потока материи и энергии в трофических цепях.

Метод определения критических нагрузок химических загрязнителей для лесных экосистем предложил В.С.Николаевский [2]. В экспериментальных условиях определяются допустимые уровни накопления вредных веществ в зеленой фитомассе ценоза, экосистемы, закономерности перераспределения и судьба ингредиента в растениях. Это позволило разработать формулу расчета связывания ингредиента единицей площади (га, км²) экосистемы за год для разных уровней последствий для ее продуктивности.

Так как запас зеленой сухой фитомассы экосистемы, как и ее продуктивность, зависит от лесорастительных условий и физико-географической зоны, то разработанная формула автоматически через первую величину учитывает экологические условия региона и чувствительность экосистем; с другой стороны, известно, что устойчивость биологических систем выше в благоприятных условиях [3]. Поэтому можно считать, что максимальной продуктивности соответствует и

большая толерантность, и в этом случае может быть большая нагрузка на систему. Так как накопление ингредиентов в ассимиляционных органах до образования некрозов не более 5% площади существенно не сказывается на активности фотосинтеза и продуктивности растительности, то величина накопления экстратов, не вызывающая повреждения листьев растений, будет допустимой величиной. Экологи и физиологи растений неоднократно пытаются определить санитарно-гигиеническую поглотительную способность древесных пород и лесных насаждений.

Принцип ее расчета, предложенный Ю. З. Кулагиным [4], состоит в умножении количества накопленного в листьях или хвое ингредиента на запас зеленой фитомассы дерева или насаждений. Окисленная сера (SO_4) подвергается транслокации по растению и частично удаляется в почву. Жидкие осадки могут вымывать из листьев и хвои значительную часть поглощенной серы. В результате периодического и даже постоянного действия низких неповреждающих концентраций SO_2 в листьях растений возникает определенный баланс между поступлением газа из воздуха и постоянным процессом удаления. Поэтому ассимиляционные органы растений даже за лето не накапливают критических доз серы и не обнаруживают некрозов.

Расчет поглотительной способности насаждений по В. С. Николаевскому [2] производится по формуле

$$P = V K (T_v / T_y), \text{ кг S/га в год,}$$

где K – коэффициент физиологически допустимого накопления серы (хвойные – 0,01; лиственные – 0,02); V – запас зеленой сухой фитомассы (ассимиляционные органы), кг на га; T_v – длительность активной вегетации (фотосинтез), дни; T_y – время удаления серы из листьев, 10 дней.

Таким образом определяются величины экологически безопасного накопления серы одним гектаром насаждений за вегетацию, т. е. критическая нагрузка.

Новая экспериментальная проверка в 1989–1990 гг. показала, что коэффициент K для лиственных необходимо снизить до 0,0015, а время удаления поглощенной серы у хвойных без учета вымывания осадками равно 15 – 20 дням.

Так как у хвойных хвоя не всех возрастов в условиях постоянного действия газов поглощает диоксид серы до пороговой величины за год, то в расчетной формуле запас сухой фитомассы хвои необхо-

димо уменьшить (для северной тайги в 2 раза, для средней и южной – в 2,5раза). С учетом дополнений

$$P = V K C (T_v / T_y), \text{ кг S/га в год,}$$

где С – коэффициент, уменьшающий запас активной фитомассы хвои (0,5 и 0,4).

Продолжительность активной вегетации и поглощения диоксида серы для хвойных пород северной тайги равна примерно 120 дням, средней тайги – 160 дням, южной тайги и зоны хвойно-широколиственных лесов – 200 дням, для лиственных пород соответственно 60-70, 70-80 и 100 дням.

В условиях Беларуси запас сухой фитомассы в ельнике мшистом в возрасте 55 лет составляет 19, 2 т/га; в сосняке мшистом в возрасте 5 лет – 5,8 т/га [5,6].

Используя эти данные, можно по приведенной формуле рассчитать критические нагрузки воздействия окислов серы на лесные экосистемы. При запасе сухой зеленой фитомассы в сосняках и ельниках 5800 кг/га критическая нагрузка составляет 23,2 кг S /га, при запасае фитомассы 19200 кг/га – 76,8 кг S /га.

Для экологического нормирования промышленных выбросов в регионе необходимо разработать единые экологические нормы предельно допустимых экологических нагрузок на лесные экосистемы, иметь унифицированные методы расчетов и единую региональную сеть наблюдений за трансграничными потоками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.– М.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Николаевский В.С. Способ роста критических нагрузок химических загрязнителей для лесных экосистем // Научные труды Московского государственного университета леса, 1993. Вып.248.
3. Горшков В.Г. Пределы устойчивости окружающей среды // Доклады АН СССР, 1988. №4.
4. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда.– М.: Наука, 1974.
5. Сидорович Е.М., Рукасова Ж.А., Бусько Е.Г. Функционирование лесных биогеоценозов в условиях антропогенных нагрузок.– Мн.: Наука и техника, 1985.

6. Чубанов К.Д., Киселев В.Н., Бойко А.В. Природная среда в зонах влияния промышленных центров. Сосновые леса Белоруссии. – Мн.: Наука и техника, 1989.

УДК 630*

О. А. Атрощенко, профессор;
С. В. Ковалевский, аспирант

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ПО ДИАМЕТРУ

The simulation model of a stand's structure on a diameter for Belarusian woods is created by researching of pure even-aged stands of basic forest species, applicating of beta-distribution statistical model of trees number on a diameter, regressive communication models of diameter distribution parameters and stand taxation indexes.

В строении древостоев особое значение имеют модели распределения числа деревьев по диаметру, на основе которых можно получить другие таксационные показатели древостоев (высоту, объем, запас). Закономерности распределения деревьев по диаметру позволяют определять лесоводственную структуру древостоев, научно обосновать проведение рубок ухода, повысить точность таксации и совершенствовать лесоустроительное проектирование [1].

Строение чистых одновозрастных сосновых, еловых и березовых древостоев изучалось по данным перечислительной таксации на 270 пробных площадях, из них: сосна – 102, ель – 95, береза – 73. Исследуемые древостои в возрасте от 10 до 110 лет характеризовались I^a-IV классами бонитета, средним диаметром от 3 до 31 см, высотой от 3 до 29 м. На ПЭВМ выполнена оценка параметров теоретических распределений, статистический анализ выборочных показателей опытных распределений (среднего квадратического отклонения (σ), показателей эксцесса (E) и асимметрии (As)), разработаны регрессии связи выборочных показателей и параметров распределений со средним диаметром древостоя.

Изучаемые сосновые, еловые и березовые насаждения имеют асимметричный унимодальный тип распределения числа деревьев по диаметру с положительной асимметрией.

Статистическая обработка распределений числа деревьев по диаметру показала, что коэффициенты асимметрии (As) и эксцесса (E) уменьшаются с увеличением возраста и среднего диаметра древостоя.